INTRODUCTION

Jusqu'en 1900 environ, les prédictions des théories de la physique (Mécanique, Électromagnétisme et Thermodynamique) ont toujours été en accord avec les résultats expérimentaux. Grossièrement, ces théories traduisaient par des modèles ce que l'homme observait directement. Les phénomènes observés étaient du domaine MACROSCOPIQUE et il est donc normal que la physique de cette époque et macroscopisme s'accordent convenablement.

A partir de cette date, les techniques expérimentales ont permis d'atteindre l'aspect MICROSCOPIQUE de la matière et les phénomènes mis en jeu sortent du domaine de la perception directe. Les théories existantes étaient insuffisantes pour expliquer les résultats mis en évidence et sont qualifiées depuis de "classiques".

Ainsi, s'affirme la nécessité d'une nouvelle théorie permettant de comprendre les effets microscopiques, rebelles aux théories classiques. Cette théorie, la MÉCANIQUE QUANTIQUE, est dans son formalisme actuel le fruit collectif d'une conjonction exceptionnelle de physiciens et de mathématiciens. Une vingtaine d'années fut nécessaire pour que l'on donne une forme précise à cette théorie basée sur la mécanique ondulatoire de Louis de Broglie et Schrödinger et sur le formalisme de Dirac unifiant la méthode matricielle de Heisenberg et la mécanique ondulatoire.

Tous les phénomènes nouveaux que l'on a pu découvrir au cours de ces cinquante dernières années n'ont jamais remis en cause la validité de la théorie quantique. Ses concepts ont permis non seulement l'interprétation des phénomènes atomiques (dont les distances caractéristiques sont de l'ordre de l'Angström et les énergies typiques de l'ordre de quelques électron-volt) mais aussi, ils s'appliquent avec le même succès à l'étude des particules élémentaires -constituants des noyaux et des atomes- (pour lesquelles les distances caractéristiques sont 10^6 fois plus petites et les énergies 10^9 fois plus élevées).

Aujourd'hui, on considère que la mécanique quantique est universelle, c'est à dire utilisable pour comprendre tous les phénomènes physiques. C'est une description du comportement de la matière et de la lumière dans tous leurs détails. Toutefois cette hégémonie de la mécanique quantique n'est que de principe car dans de très nombreux domaines, la théorie classique suffit pour interpréter de façon satisfaisante les observations. Nous verrons par exemple que la mécanique quantique ne fait pas intervenir dans ses concepts la notion de trajectoire d'un mobile ou la notion de force. Néanmoins, ces notions ne sont jamais abandonnées par les ingénieurs qui lancent des satellites autour de la terre et qui se révèlent excellentes dans une large gamme de conditions physiques. Ceci découle de ce que la mécanique classique apparaît comme une approximation de la mécanique quantique. En fait, le champ d'application de cette nouvelle théorie couvre un vaste domaine:

- dans le domaine macroscopique (échelle macroscopique $>$ Å), elle est équivalente à la physique classique ;
- dans le domaine microscopique, où la physique classique n'est plus valable (échelle microscopique $< \mu$), elle permet de justifier les résultats expérimentaux.

Il ne faut d'ailleurs pas croire que la théorie quantique ne serve qu'à interpréter des phénomènes étranges, éloignés du quotidien. Ainsi, l'existence et la stabilité de corps solides de taille quelconque ne peut s'expliquer que par la théorie quantique appliquée aux assemblages d'atomes. Les lasers, les transistors des appareils de radio, de télévision, des ordinateurs, etc..., que nous côtoyons tous les jours n'ont un fonctionnement compréhensible que dans le cadre de la théorie quantique. Les théories classiques sont incapables d'expliquer la stabilité de la matière, pas même celle d'un atome; des paramètres aussi simples que la densité, la chaleur spécifique, l'élasticité d'un solide ne sont calculables que dans le cadre de la théorie quantique.

Il faut savoir que la mécanique quantique continue à postuler l'existence de particules et de la théorie ondulatoire; elle permet une étude plus précise du mouvement et de l'interaction des particules en imposant un certain nombre de notions nouvelles que nous examinerons dans ce cours et qui peuvent être citées de la façon suivante :

- ✓ la notion de localisation ponctuelle est remplacée par celle de probabilité de présence dans un certain volume;
- ✓ l'interprétation ondulatoire de la particule est nécessaire, à chaque particule est associé "un paquet d'onde";
- ✓ la notion de grandeur physique fait place à une grandeur dont la valeur ne peut être exactement prévue ou qui ne peut prendre que des valeurs discrètes.

Dans ce cours, <u>nécessairement incomplet</u>, nous étudierons successivement :

- ➢ Dans le premier chapitre, quelques expériences de la physique atomique mettant en échec les théories classiques. Nous introduirons la notion de photon, particule associée à la lumière et la notion d'onde associée à la matière. Nous verrons que l'aspect ondulatoire de la matière nous conduira tout naturellement à interpréter la fonction d'onde en termes de probabilité. Enfin, nous illustrerons sur des exemples, le domaine d'utilisation de la mécanique quantique.
- ➢ Dans le deuxième chapitre, nous traiterons des aspects de la mécanique ondulatoire (mécanique quantique dite de Schrödinger) et nous examinerons en particulier la fonction d'onde, ou plus exactement le paquet d'onde, solution de l'équation de Schrödinger. Nous examinerons ensuite des problèmes particuliers relatifs aux particules dans des potentiels plats (dits aussi carrés).
- ➢ Dans le troisième chapitre, nous donnerons le formalisme mathématique de la mécanique quantique. En particulier, nous introduirons la notion de vecteur d'état et la notion d'observable et nous examinerons l'équation aux valeurs propres d'un opérateur ainsi que des théorèmes fondamentaux.
- ➢ Dans le quatrième chapitre, nous étudierons les postulats généraux de la mécanique quantique. Aussi, nous examinerons la notion d'état stationnaire et le théorème d'incertitude de Heisenberg.
- ➢ Nous finirons ce cours par l'étude d'un exemple de système particulièrement intéressant, celui de l'oscillateur harmonique.